

Zum Problem der selektiven Abtötung viruskranker Pflanzen durch Chemikalien

G. SCHUSTER

*Karl-Marx-Universität Leipzig Abt. Landw. Botanik
Leipzig, Deutsche Demokratische Republik*

1. GEGENWÄRTIGER STAND UND AUFGABENSTELLUNG

Die Selektion virusinfizierter Pflanzen erfordert einen beachtlichen Aufwand. Dieser könnte wesentlich verringert werden, wenn es gelänge, Verfahren auszuarbeiten, bei denen nicht der Mensch, sondern ein chemisches Präparat selektiert. Auf einen Pflanzenbestand aufgebracht, müsste das Präparat die virusinfizierten Pflanzen zum Absterben bringen, gesunde Pflanzen jedoch verschonen.

Ulrychova und Blattny [8] berichteten, dass nach Simazinbehandlung virusinfizierte Pflanzen abstarben, während gesunde nicht geschädigt wurden. Ergebnisse langjähriger Untersuchungen zur Pathophysiologie virusinfizierter Kartoffelpflanzen und- Knollen hatten ebenfalls gezeigt, dass Virusinfektionen die Empfindlichkeit virusinfizierter Pflanzen gegenüber bestimmten physikalischen und chemischen Behandlungsweisen beträchtlich erhöhen [3, 4]. Es wurde daher mit Untersuchungen begonnen, die darauf abzielten, Synergismen zwischen der Auswirkung von Chemikalien und derjenigen von Virusinfektionen für die selektive Abtötung virusinfizierter Pflanzen nutzbar zu machen. Unter Einbeziehung verschiedener Sorten bzw. Stämme von *Nicotiana tabacum* L. und *Solanum tuberosum* L. sowie verschiedenen Viren (Tabakrippenbräunevirus, Tabakmosaikvirus Kartoffel-X- und -Y-Virus, Blattrollvirus der Kartoffel) wurde die Wirkung einer Anzahl von Präparaten, die auf Grund der Ergebnisse der angeführten Untersuchungen und weiterer Angaben des Schrifttums ausgewählt worden waren, unter den angeführten Gesichtspunkten geprüft. Dabei zeigte sich, dass verschiedene Präparate, vor allem Triazinpräparate, virusinfizierte Pflanzen wesentlich stärker schädigten als gesunde.

Nach Vervollkommnung gelang es schliesslich, virusinfizierte Pflanzen abzutöten, während die gesunden die Behandlung ungeschädigt überstanden [5, 6]. Die selektive Abtötung virusinfizierter Pflanzen ist demnach in Prinzip möglich. Reproduzierbare, sichere Ergebnisse können jedoch zur Zeit nur erhalten werden, wenn Pflanzen der gleichen Sorte unter gleichen Umwelt- und Versuchsbedingungen behandelt werden. Wenn mit anderen Sorten oder unter anderen Bedingungen gearbeitet wird, ist mit Veränderungen des Behandlungsergebnisses zu rechnen,

Einige in den Tabellen 1 und 2 auszugsweise angeführte, bei Gewächshausversuchen gewonnene Ergebnisse sollen dies demonstrieren.

Tabelle 1 zeigt, dass nach Behandlung mit Atrazin (Wonuk) alle mit dem Rippenbräunevirus (RBV) infizierten Pflanzen von *Nicotiana tabacum* „Samsun“

Tabelle 1

Die Selektionserfolg bei verschiedenen Sorten von *Nicotiana tabacum* L. mit unterschiedlicher Widerstandsfähigkeit gegen RBV nach Behandlung mit Atrazin (Wonuk). Zahlenangaben: Absterben in Tagen nach der Sprühbehandlung [6]

Sorte und Resistenzgrad	Gesundheits- zustand	Versuch 1 (Dresden)			Versuch 2 (Leipzig) Konz.: 0,06%
		Konz.: 0,01%			
		Wiederholungen			
		1	2	3	
Samsun (anfällig)	gesund	—	—	—	—
	infiziert	9	9	6	17
Pirat (resistent)	gesund	—	—	16	0
	inokuliert	—	—	9	0
Remo (resistent)	gesund	—	(x)	16	—
	inokuliert	13	(x)	13	17

(x) = Pflanzen mit deutlichen Welkeerscheinungen am Tage der letzten Bonitur.

0 = Versuch wurde nicht durchgeführt.

abgetötet wurden, während die gesunden Kontrollpflanzen die Behandlung überstanden. Dabei ist jedoch bedeutsam, dass dieses Ergebniss bei dem Dresden durchgeführten Versuch mit wesentlich geringeren Aufwandmengen als bei dem zur gleichen Zeit in Leipzig durchgeführten Parallelversuch erreicht wurde. Der Grund hierfür ist vor allem in unterschiedlichen Anzuchtbedingungen zu suchen. In Dresden hatten sich die Pflanzen unter optimalen Anzuchtbedingungen wesentlich rascher als in Leipzig entwickeln können. Die inokulierten Pflanzen der gegenüber RBV resistenten bzw. sehr widerstandsfähigen Sorte Pirat verhielten sich im wesentlichen wie gesunde Pflanzen. Das gleiche gilt für inokulierte Pflanzen der resistenten Sorte Remo. Die Pflanzen der Sorte Remo waren jedoch gegenüber dem angewendeten Präparat empfindlicher als die Pflanzen der Tabaksorte Pirat. Es sind demnach auch Sortenunterschiede in Rechnung zu stellen.

Sortenunterschiede treten auch bei der Kartoffel bezüglich der selektiven virusinfizierter Pflanzen in Erscheinung.

Wie Tabelle 2 erkennen lässt, werden gesunde Augenstecklinge einiger Sorten, z. B. der Sorten Antares und Drossel, durch eine Behandlung mit Simazin (W 6658) nicht geschädigt, während mosaikkranke durch die Behandlung abgetötet werden. Bei anderen Sorten, z.B. bei den Sorten Kastor und Pirat, werden auch einige gesunde Augenstecklinge abgetötet. Bei einer weiteren Sortengruppe, zu der die Sorten Rotkehlchen und Ora gehören, bleiben die gesunden Pflanzen ungeschädigt. Es übersteht aber auch ein mehr oder weniger grosser Teil der mosaikkranken Pflanzen die Behandlung. Blattrollkranke Pflanzen wurden durch die Behandlung mit Simazin (W 6658) bei allen Sorten nur wenig geschädigt. Der Selektionserfolg

Tabelle 2

Die selektive abtötung viruskranker Augenstecklinge verschiedener Kartoffelsorten nach Behandlung mit einer 1,5 % igen Suspension von Simazin (W 6658). DW = Durchschnittswertzahl (1 = alle Pflanzen voll vital, 5 = alle Pflanzen abgestorben; 2,3 und 4 entsprechen Zwischenstufen); M % = abgestorbene Pflanzen in % der behandelten Pflanzen [6]

Sorte	Gesund		Mosaikkkrank		Blattrollkrank	
	DW	M %	DW	M %	DW	M %
Antares	1,0	0	4,8	100	1,0	0
Drossel	1,5	0	5,0	100	2,8	0
Kastor	2,1	10	5,0	100	1,0	0
Pirat	1,5	10	4,0	100	1,1	0
Rotkehlchen	1,0	0	2,9	40	x	x
Ora	1,3	0	1,5	0	2,0	0

x = Es wurden keine blattrollkranken Pflanzen erfasst.

kann demnach auch in Abhängigkeit von der Virus-Wirt-Kombination beträchtlich variieren. Wenn die Chemikalienbehandlung zur selektiven Abtötung viruskranker Pflanzen im Feldbestand unter Praxisbedingungen durchgeführt würde, sind somit in Abhängigkeit von der Pflanzenart bzw. — sorte, von den ständig wechselnden Anteilen der einzelnen Viren an der Virusdurchseuchung eines Bestandes sowie von den in noch grösserem Ausmass wechselnden Anzuchtbedingungen ständig mehr oder weniger grosse Abweichungen von einem bestimmten Behandlungsergebnis zu erwarten. Hieraus erwachsen wesentliche Probleme, die bei der Ausarbeitung praxisreifer Verfahren zur selektiven Abtötung virusinfizierter Pflanzen zu lösen sind.

Als erster Beitrag zur Lösung einiger Probleme wurde zunächst analysiert, in welcher Weise das Selektionsergebnis durch einzelne Faktoren beeinflusst wird.

2. DIE ABHÄNGIGKEIT DES SELEKTIONSERFOLGES VON UMWELT- UND VERSUCHS-BEDINGUNGEN

2.1. VIRUS-WIRT-KOMBINATION UND SELEKTIONSERFOLG

Der geringe Erfolg, der bei der selektiven Abtötung mit dem Blattrollvirus der Kartoffel infizierter Kartoffelstecklinge und — pflanzen (vgl. [6] und Tabelle 2) erzielt wurde, dürfte vor allem auf die starke Histotropie des Blattrollvirus, dessen Auftreten vorwiegend auf das Phloem beschränkt ist, zurückzuführen sein. In einem weiteren Versuch sollte nunmehr geprüft werden, ob auch Pflanzen von *Nicotiana tabacum* „Samsun“, die mit verschiedenen Viren infiziert sind, nach Behandlung mit s-Triazinen in unterschiedlichem Ausmass selektiv abgetötet werden. Die Pflanzen wurden zum Teil mit einem verhältnismässig milden Grünstamm des TMV, zum Teil mit dem aggressiven wi-Stamm des RBV infiziert. Der Grünstamm des TMV verursachte vor allem an jüngeren Blättern eine deutliche dunkelgrüne Mosaikscheckung. Zum Teil waren die dunkelgrünen Gewebezonen blasig emporgewölbt. Der Wi-Stamm des RBV schädigte vor allem die Leitbündel. Wesent-

liche Symptome waren Aufhellung und Verbräunung der Blattadern. Im Kurztag ist der Wi-Stamm des RBV besonders aggressiv. Vielfach leben 3 Wochen nach der Inokulation nur noch die jüngsten Blätter der im Kurztag angezogenen Wirtspflanzen.

Die Versuchspflanzen und die gesunden Kontrollen wurden teils im Langtag, teils im Kurztag angezogen. Beide Pflanzengruppen hatten in gleicher Weise 8 Stunden Tageslicht erhalten. Anschliessend war ein Teil der Pflanzen 8 Stunden lang zusätzlich belichtet worden (= 5000 Lux), während der andere Teil dunkel gestellt worden war. Die Versuchspflanzen beider Gruppen wurden mit Suspensionen von Atrazin (Wonuk) oder Simazin (W 6658) in unterschiedlicher Konzentration behandelt.

Tabelle 3

Die Zeit zwischen der Chemikalienbehandlung und dem Absterben der Pflanzen von *Nicotiana tabacum* „Samsun“ (in Tagen) in Abhängigkeit von der Virus-Wirt-Kombination und der Tageslänge

Präparat	Kurztag				Langtag		
	Konz.	TMV	RBV	G	TMV	RBV	G
Atrazin (Wonuk)	0,3	7	8	10	10	8	11
	0,05	15	10	—	10	14	—
	0,04	8	14	22	18	18	—
	0,02	8	11	23	—	—	—
Simazin (W 6658)	0,5	9	11	14	14	11	14
	0,25	10	14	—	—	14	—
	0,05	14	14	—	8	18	—

Die Versuchsergebnisse sind in Tabelle 3 wiedergegeben. Sie lassen erkennen, dass von den im Kurztag angezogenen Pflanzen bei 5 Behandlungen die mit TMV infizierten eher abstarben als die mit RBV infizierten, obwohl nach RBV-Infektionen die inbehandelten Kontrollpflanzen in wesentlich stärkerem Masse geschädigt waren. In einem Fall starben die mit TMV infizierten Pflanzen zur gleichen Zeit wie die mit RBV infizierten ab. In einem weiteren Versuch gingen die mit RBV infizierten Pflanzen zuerst ein.

Bei Anzucht im Langtag traten die angeführten Verhältnisse nicht so klar hervor. In zwei Fällen starben die mit TMV infizierten Pflanzen und in drei Fällen die mit RBV infizierten eher ab. In zwei Fällen waren zwischen den mit TMV bzw. RBV infizierten Pflanzen keine Unterschiede zu verzeichnen.

Die Ergebnisse der angeführten Untersuchungen lassen erkennen, dass Atrazin (Wonuk) und Simazin (W 6658) virusinfizierte Tabakpflanzen in Abhängigkeit von der Virus-Wirt-Kombination unterschiedlich rasch abtöten. Dabei bestimmt nicht unbedingt das Ausmass der Schäden, die durch den Virusbefall hervorgerufen werden, die Geschwindigkeit des Absterbens. Im Hinblick auf die mit dem Blattrollvirus der Kartoffel erhaltenen Befunde liegt vielmehr nahe, dass bei Virus-Wirt-Kombinationen, die vor allem Schäden in den Leitbündeln verursachen,

der Selektionserfolg geringer ist als bei Virus-Wirt-Kombinationen, bei denen vorwiegend im Parenchymgewebe Schäden auftreten. Wenn auch nicht ausgeschlossen werden kann, dass bestimmte, durch die einzelnen Virusarten hervorgerufene Stoffwechseleränderungen an den virusspezifischen Unterschieden Anteil haben können, so lassen die angeführten Befunde und Erwägungen doch den Schluss zu, dass vor allem nach Chemikalien gesucht werden muss, die ihre Wirkung besonders in den Leitbündeln entfalten, um die bei der chemischen Selektion blattrollviruskranker Kartoffelpflanzen auftretenden Schwierigkeiten zu beheben.

2.2. ALTER BZW. ENTWICKLUNGSZUSTAND DER PFLANZEN UND SELEKTIONSERFOLG

Sehr wichtig für den Selektionserfolg sind Alter und Entwicklungszustand der Pflanzen. Tabelle 4 zeigt Ergebnisse, die an gesunden bzw. mit RBV infizierten Pflanzen von *Nicotiana tabacum* P 2 gewonnen worden sind. Es wurden Pflanzen, die 4,7 bzw. 20 Blätter ausgebildet hatten, mit Atrazin (30 ml je 2000 cm² Boden-

Tabelle 4

Die Abhängigkeit des Erfolges einer Behandlung mit Atrazin (Wonuk) vom Alter bzw. Entwicklungs-Zustand der Pflanzen. Vergleich zwischen gesunden und mit RBV inokulierten Pflanzen von *Nicotiana tabacum* P2. T = Absterben der Pflanzen in Tagen nach der Infektion; % = Prozentsatz der pro Versuchsglied abgestorbenen Pflanzen (aufgerundet)

Konz. in %	Anzahl der ausgebildeten Blätter z. Z. des Versuchsbeginns											
	4				7				20			
	RBV		G		RBV		G		RBV		G	
	T	%	T	%	T	%	T	%	T	%	T	%
0,03	18	100	32	25	23	100	—	—	—	—	—	—
	14	100	32	75	20	100	—	—	—	—	—	—
	11	100	32	100	16	50	—	—	—	—	—	—
0,04	18	100	21	25	27	100	—	—	—	—	—	—
	18	100	32	100	27	100	—	—	—	—	—	—
	32	75	32	50	27	25	—	—	—	—	—	—

fläche) behandelt. Dabei starben Pflanzen im 4-Blatt-Stadium am raschesten ab, und auch ein Teil der gesunden Kontrollen wurde abgetötet. Alte Pflanzen, die bereits 20 Blätter ausgebildet hatten, gingen dagegen auch dann nicht ein, wenn sie mit RBV infiziert waren. Der beste Selektionseffekt stellte sich im 7-Blatt-Stadium ein.

Wenn die Spritzbrühe nicht auf die Flächeneinheit bezogen wurde, sondern wenn so viel Spritzbrühe auf die Pflanzen aufgebracht wurde, dass die gesamte Oberfläche der Blätter gerade tropfnass war, so wurden andere Ergebnisse erhalten. In diesem Falle starben Pflanzen im 7-Blatt-Stadium rascher ab als Pflanzen im 4-Blatt-Stadium. Dabei wurden nicht nur die virusinfizierten, sondern zum Teil auch die gesunden Pflanzen abgetötet.

Untersuchungen mit Augenstecklingen der Kartoffel ergaben ebenfalls eine

deutliche Beziehung zwischen dem Alter bzw. Entwicklungszustand der Stecklinge und dem Selektionserfolg. In Tabelle 5 sind als Beispiel die mit unterschiedlich alten Augenstecklingen der Sorte Meise erhaltenen Befunde wiedergegeben. Wie diese zeigen, reagieren Kartoffelstecklinge im allgemeinen gegenüber Simazin (W 6658) und Atrazin (Wonuk) umso empfindlicher, je jünger sie sind. Dementsprechend werden bei der Behandlung sehr junger Stecklinge nicht nur virusinfizierte, sondern auch gesunde abgetötet. Wird die Chemikalienkonzentration herabgesetzt, so ist der Anteil virusinfizierter Stecklinge, der abgetötet wird, besonders bei der Anwendung von Atrazin (Wonuk) auch bei jungen Stecklingen grösser als der Anteil gesunder, doch ist der Selektionserfolg nicht so gut wie bei der Behandlung älterer Stecklinge.

2.3. JAHRESZEIT UND SELEKTIONSERFOLG

Als Versuche zur selektiven Abtötung virusinfizierter Pflanzen mehrfach im Abstand von einigen Wochen wiederholt wurden, zeigten die erhaltenen Versuchsergebnisse vielfach beträchtliche Abweichungen. Aufwandmengen, mit denen in einem Versuch optimale Ergebnisse erzielt worden waren, ergaben häufig in einem nachfolgenden Versuch wesentlich ungünstigere Werte und umgekehrt. Es lag nahe, dass diese Veränderungen in Abhängigkeit vor der Jahreszeit erfolgt waren. Um zu prüfen, mit welchen jahreszeitlichen Abweichungen zu rechnen ist, wurden gesunde und virusinfizierte Pflanzen in aufeinanderfolgenden Versuchsjahren im Gewächshaus in verschiedenen Monaten mit Atrazin (Wonuk) bzw. Simazin (W 6658) behandelt. Die im gleichen Zeitraum in aufeinanderfolgenden Jahren erhaltenen Ergebnisse wichen nur wenig voneinander ab. Sie sind in Form von Mittelwerten in Tabelle 6 wiedergegeben.

Tabelle 6

Die in Abhängigkeit von der Jahreszeit beobachteten Veränderungen der Präparaten — Konzentration, mit der bei der chemischen Selektion mit dem Rippenbräunevirus infizierter Tabakpflanzen optimale Ergebnisse erhalten werden

Präparat	Jan./Feb.	März/April	Mai/Juni	Juli/August	Sept./Okt.	Nov./Dez.
Atrazin (Wonuk)	0,04	0,035	0,03	0,01-0,02	0,04	0,04
Simazin (W 6658)	0,4	0,5-1	0,5	0,3-0,5	0,5	0,4

Die angeführten Werte lassen erkennen, dass die optimalen Aufwandmengen in Abhängigkeit von der Jahreszeit beträchtlich variieren. Dabei traten zwischen den beiden in die Untersuchungen einbezogenen Präparaten beträchtliche Unterschiede auf. Bei Atrazin (Wonuk) sind im Januar und Februar die höchsten Aufwandmengen erforderlich. Dann müssen diese immer mehr verringert werden, bis sie in der heissen Jahreszeit ein Minimum erreichen. Anschliessend steigen sie wieder an. Bei Simazin (W 6658) sind die entsprechenden Differenzen wesentlich geringer. Ferner ist die Kurve zweigipfelig. Im Winter waren ebenso wie in der heissen Jahreszeit etwas geringere Aufwandmengen als im Frühjahr und Herbst erforderlich. Es liegt nahe, dass an jahreszeitlich bedingten Veränderungen des

Selektionserfolges mehrere Faktoren beteiligt sind. Unter anderem kommen hierfür unterschiedliche Temperaturen, Unterschiede in der Lichtstärke und der Tageslänge, in Abhängigkeit von der Jahreszeit auftretende Schwankungen im Wachstum der Pflanzen und unterschiedlich starke Virusvermehrung in Betracht. Weitere Untersuchungen sollten über die Auswirkungen einiger der angeführten Faktoren Aufschluss erbringen.

2.4. TAGESLÄNGE UND SELEKTIONSERFOLG

Als typisches Beispiel für den Einfluss der Tageslänge auf den Selektionserfolg sollen die in Tabelle 3 angeführten Werte herangezogen werden. Ihnen ist zu entnehmen, dass die im kurzen Tag angezogenen Pflanzen nach der Chemikalienbehandlung im allgemeinen rascher als die im langen Tag angezogenen absterben. Behandelte gesunde Pflanzen gehen vielfach bei Anzucht im Kurztag, ein nicht aber bei Anzucht im Langtag. Dementsprechend ist die Selektivität der Behandlung im Kurztag bisweilen verringert, insofern die Präparatenkonzentration nicht der veränderten Tageslänge angepasst wird. Mit Atrazin (Wonuk) konnte nur im Langtag eine selektive Abtötung virusinfizierter Pflanzen erreicht werden.

2.5. LICHTSTÄRKE UND SELEKTIONSERFOLG

Um zu ermitteln, wie die Lichtstärke den Selektionserfolg beeinflusst, wurden Pflanzen in Glaskabinen angezogen, die gegen seitlich einfallendes Licht geschützt waren. Von oben einfallendes Licht wurde durch eine unterschiedliche Anzahl von Gaze-Lagen in verschieden starkem Masse zurückgehalten. Abdeckung und Dämmungseffekt sind aus Tabelle 7 ersichtlich. Die in der genannten Tabelle wieder-

Tabelle 7

Der Einfluss der Lichtstärke auf den Selektionserfolg. Zahlenangaben: Absterben in Tagen nach der Infektion. Kreuze: Stärke der Symptomausbildung. Versuchszeit: Juli bei hohen Temperaturen

	Relative Lichtstärke (in % des „vollen“ Tageslichtes)	3 Schichten Gaze		2 Schichten Gaze		1 Schicht Gaze		Ohne Gaze	
		20	40	60	100	G	RBV	G	RBV
Gesundheitszustand und Symptomstärke 10 Tage p.i.		G	RBV	G	RBV	G	RBV	G	RBV
			+++		+++		++++		+
Atrazin	0,01 %	—	21	—	—	—	—	—	—
(Wonuk)	0,06 %	21	14	—	14	—	14	—	21
				Welkeersch.		Welkeersch.	(≈ 60%)	starke	(≈ 40%)
								Welke	nach 21 Tagen
Simazin	1,0 %	—	14	21	14	—	21	21	21
(W 6658)		starke	Welke			Welkeersch.	(≈ 80%)		(≈ 60%)

gegebenen Werte lassen erkennen, dass die virusinfizierten Pflanzen im „vollen“ Tageslicht etwa zur gleichen Zeit wie die gesunden abgestorben sind bzw. starke Welkeerscheinungen zeigten. Wenn der Lichtgenuss auf 60% verringert worden war, so starben nach Behandlung mit einer 0,06% Suspension von Atrazin (Wonuk) die virusinfizierten Pflanzen eher als die gesunden ab. Bei noch stärkerer Verringerung der Belichtung gingen die RBV-infizierten Pflanzen sowohl nach Behandlung mit Atrazin (Wonuk; 0,06% Suspension) als auch mit Simazin (W 6658; 1% Suspension) eher als die gesunden ein. Von den bei 20% des „vollen“ Tageslichtes angezogenen Pflanzen wurden mit einer 0,01% Suspension von Atrazin (Wonuk), die bei stärkerer Belichtung keine Wirkung gezeigt hatte, Virusinfizierte Pflanzen selektiv abgetötet.

Die vorgefundenen Differenzen dürften nicht allein oder zumindest nicht in vollem Umfang darauf zurückzuführen sein, dass die Stärke der Beleuchtung die Mittelwirkung beeinflusst. Dabei unbehandelten Kontrollen Symptomausbildung und Virusschäden im schwachen Licht wesentlich stärker als bei voller Belichtung ausgeprägt waren liegt vielmehr nahe, dass die unterschiedlichen Ergebnisse u. a. darauf beruhen, dass die Virusschäden und offensichtlich auch die Virusvermehrung bei schwacher Belichtung intensiver waren als bei stärkerer. Es deuten somit die Ergebnisse dieses Versuches ebenso wie einige weitere bei Schuster [6] angeführte Beobachtungen darauf hin, dass die chemische Selektion bei Pflanzen, in denen die Viren in starker Virusvermehrung begriffen sind, durch Chemikalien am besten selektiv abgetötet werden können.

2.6. TEMPERATUR UND SELEKTIONSERFOLG

Da keine Klimakammern zur Verfügung standen, konnte nicht exakt verfolgt werden, wie sich bei Konstanthaltung von allen übrigen Faktoren die Temperatur auf den Selektionserfolg auswirkt. Es ist jedoch bekannt, dass die herbizide Wirkung der s-Triazine mit dem Ansteigen der Temperaturen zunimmt [7]. Auch die in Tabelle 8 wiedergegebenen Werte, die zur gleichen Jahreszeit mit gleich entwickelten Pflanzen der gleichen Sorte gewonnen worden sind, lassen erkennen, wie stark die Temperatur den Selektionserfolg beeinflussen kann. Es sind die Ergebnisse eines Versuchsjahres, in dem die Temperaturen nach der Behandlung etwa dem „langjährigen Mittel“ entsprachen, denjenigen eines Versuchsjahres, in dem kurz nach der Behandlung ein Kälteeinbruch erfolgt war, gegenübergestellt worden. Offensichtlich ist es den niedrigen Temperaturen zuzuschreiben, dass trotz der verhältnismässig hohen Aufwandmenge weder gesunde noch virusinfizierte Pflanzen geschädigt worden sind.

Ebenso wie Kälteeinbrüche nicht mit Sicherheit vorausgesehen werden können, ist es auch nicht möglich, Hitzewellen, die umgekehrt zu einer Verstärkung der Triazinwirkung und somit zum Absterben gesunder Pflanzem führen, mit Sicherheit vorherzusagen. Während durch die Tageslänge, die Lichtstärke und den Entwicklungszustand der Pflanzen bedingte Abweichungen durch Veränderungen in der Aufwandmenge weitgehend ausgeglichen werden können, ist es somit nicht möglich, den Temperaturschwankungen in ähnlicher Weise Rechnung zu tragen.

Tabelle 8

Der Selektionserfolg einer Chemikalienbehandlung von Kartoffelpflanzen der Sorte Drossel im Freiland in aufeinanderfolgenden Versuchsjahren. Die Versuchspflanzen hatten zur Zeit der Behandlung Blütenknospen ausgebildet. N = Temperaturen entsprachen etwa dem langjährigen Mittel; K = nach der Behandlung war ein Kälteeinbruch erfolgt. Aufwandmenge 650 l/ha

Präparat und Konzentration %	Temperatur- verlauf	G	Mosaik
Atrazin (Wonuk)	N	0	47,5
0,15	K	0	0
Simazin (W 6658)	N	0	46,5
1,0	K	0	0

Somit stellt die starke Temperaturabhängigkeit der Wirkung der bisher für die chemische Selektion herangezogenen Präparate ein schwerwiegendes Problem bei der Ausarbeitung praxisreifer Verfahren dar.

3. SCHLUSSFOLGERUNGEN AUS DEN VERSUCHSERGEBNISSEN UND UNTERSUCHUNGEN ZUR VERRINGERUNG DER UMWELTABHÄNGIGKEIT DER CHEMISCHEN SELEKTION

Um virusinfizierte Pflanzen nicht nur unter kontrollierbaren Umweltbedingungen, sondern auch im Feldbestand selektiv abtöten zu können, ist es erforderlich, die Umweltaabhängigkeit der Verfahren zu verringern. In erster Linie kommt es darauf an, Präparate aufzufinden, deren Wirkung in geringerem Masse temperaturabhängig ist. Es ist denkbar, dass diesen Anforderungen Präparate entsprechen, die virusinfizierte Pflanzen bei wesentlich geringeren Konzentrationen als gesunde abtöten, so dass temperatur oder anderweitige umweltaabhängige Schwankungen ihrer Wirkung nicht mehr in so starkem Masse das Selektionsergebnis gefährden. Es ist aber auch denkbar, dass das Ziel mit Präparaten erreicht werden kann, bei denen die Temperaturkoeffizienten von Umsetzungen, die für die selektive Abtötung massgeblich sind, geringere Werte aufweisen.

Nach Montgomery und Freed [2] ist die unterschiedliche Empfindlichkeit verschiedener Pflanzen gegenüber s-Triazinen dadurch bedingt, dass in empfindlichen Pflanzen die Entgiftungsreaktionen langsamer ablaufen als die Triazinaufnahme. Eine Intensivierung der herbiziden Wirkung durch höhere Temperaturen dürfte dementsprechend, insofern bei den Abbauvorgängen kein negativer Temperaturkoeffizient vorliegt, vor allem durch erhöhte Aufnahme der Triazine oder durch Intensivierung der zur Blocade wichtiger Stoffwechselfvorgänge führenden Reaktionen bedingt sein. Somit liegt nahe, dass die temperaturabhängige Intensivierung der herbiziden Effekte nicht oder in wesentlich geringerem Umfang erfolgt, wenn die Pflanzen konstant einer Herbizidlösung von geringerer Konzentration ausgesetzt werden. Das könnte u. U. einfach durch Verwendung von Triazinen mit besonders geringer Wasserlöslichkeit erreicht werden, insofern die Triazine auf der Epidermis der Pflanzen nicht durch andere Stoffe in Lösung gebracht werden.

Eine weitere Voraussetzung ist, dass durch Virusinfektionen die zum Triazinabbau führenden Reaktionen so stark verlangsamt werden, dass es trotz des geringen Triazinangebotes zu einer Erhöhung der Triazinkonzentration kommt, wie sie für die Abtötung entsprechender Pflanzen erforderlich ist. Da einige Befunde, die mit dem stark unlöslichen Simazin erhalten worden waren, für die Gültigkeit der angeführten Überlegungen sprachen (vgl. Abschnitt 2.3), wurden diese an 3 weiteren „Chlor“ — Triazinen von unterschiedlicher, zum Teil recht geringer Wasserlöslichkeit überprüft*, und zwar an:

- (1) 2-Chlor-4,6-bis-(2-propylamino)-s-triazin (Propazin; L = 8,6 mg/l bei 20–22°C)**
- (2) 2-Chlor-4,6-bis-(3'-diäthylamino)-s-triazin (Chlorazin; L = 10 mg/l bei 20–22°C)**
- (3) 2-Chlor-4,6-bis-(3'-methoxypropylamino)-s-triazin (L = 80 mg/l)**

Mit diesen Verbindungen wurden nach Durchführung der erforderlichen Vorversuche ca. 6 Wochen alte Augenstecklinge der Sorte Meise im ersten Versuch im März und in einem zweiten Versuch Ende Mai, als Gewächshaustemperaturen zum Teil sehr hohe Werte erreicht hatten, behandelt. Die Ergebnisse der Untersuchungen sind aus Tabelle 9 ersichtlich. Die angeführten Werte zeigen, dass alle 3 Verbindungen im März mosaik- bzw. strichelkranke Augenstecklinge recht gut selektiv abgetötet haben. Bei den Ende Mai begonnenen Versuchen war die Wirkung von Propazin und Chlorazin demgegenüber erheblich abgeschwächt. Propazin und Chlorazin erschoneten sowohl gesunde als auch virusinfizierte Pflanzen. Es liegt nahe, dass bei diesen Verbindungen Entgiftungsreaktionen bei hohen Temperaturen in einem solchen Masse intensiviert worden sind, dass infolge der geringen

Tabelle 9

Behandlung von Kartoffelstecklingen der Sorte Meise mit verschiedenen Chemikalien G = gesund, B = mit dem Blattrollvirus infiziert, M = mit dem Mosaikvirus infiziert

Präparat	Konz.	Marz						Mai					
		G		B		M		G		B		M	
		DW	M%	DW	M%	DW	M%	DW	M%	DW	M%	DW	M%
2-Chlor-4, 6-bis-(i-propylamino)-s-triazin (= Propazin)	1,0	1,3	0	1,2	0	4,0	75						
	1,5							1,0	0	2,2	0	2,5	0
	2,0	1,4	0	1,0	0	3,0	50						
2-Chlor-4, 6-bis-(diäthylamino)-s-triazin (= Chlorazin)	0,1	2,1	12,5	1,3	0	3,0	0						
	0,3							1,0	0	3,0	50	1,3	0
	0,5	1,8	0	2,0	0	5,0	100						
2-Chlor-4, 6-bis-(3'-methoxypropylamino)-s-triazin	0,4	2,4	12,5	3,0	25	4,5	100						
	0,5							1,1	0	2,5	0	3,0	0
	1,0	1,3	0	3,3	50	4,5	75	1,6	13	5,0	100	5,0	100

* Dem VEB Farbenfabrik Wolfen bin ich für die Anfertigung der Verbindungen sehr zu Dank verpflichtet.

** Wasserlöslichkeit von Verbindung 1 und 2 nach Häfliger [1].

Löslichkeit des Propazins und Chlorazins auch bei virusinfizierten Pflanzen der zur Abtötung erforderliche Schwellenwert der Konzentration nur in wenigen Fällen erreicht worden ist. Bei 2-Chlor-4,6-bis-(3'-methoxypropylamino)-s-triazin scheinen demgegenüber die Temperatureinflüsse geringer zu sein. Die Mittelwirkung war nur geringfügig abgeschwächt. Da die Löslichkeit verhältnismässig hoch ist und derjenigen des Atrazins nahe kommt, dürfte nicht nur die für die Aufnahme verfügbare, durch die Löslichkeit bestimmte Konzentration hierfür massgeblich sein. Es kommen vielmehr auch andere, durch die Konstitution der Verbindung bedingte Faktoren in Betracht. Somit bestehen Hoffnungen, zur Beseitigung einiger Schwierigkeiten beitragen zu können, die der Durchführung der chemischen Selektion viruskranker Pflanzen zur Zeit noch im Wege stehen, indem weitere Verbindungen in die Untersuchungen einbezogen werden.

4. ZUSAMMENFASSUNG

Vorangegangene Untersuchungen hatten gezeigt, dass niedrige Konzentrationen verschiedener s-Triazinpräparate viruskranke Pflanzen von *Nicotiana tabacum* L. und *Solanum tuberosum* L. abtöten, während sie die gesunden Pflanzen verschonen. Somit ist eine chemische Selektion viruskranker Pflanzen im Prinzip möglich. Die Anwendung im Rahmen praktischer Aufgaben wirft jedoch gegenwärtig noch eine Anzahl von Problemen auf die vor allem daraus erwachsen, dass der Selektionserfolg sowohl von der Virus-Wirt-Kombination als auch von Umweltfaktoren beeinflusst wird.

Es wurde versucht, den Einfluss mehrerer Faktoren näher zu kennzeichnen. Dabei konnte erneut bestätigt werden, dass die Reaktion viruskranker Pflanzen massgeblich von der Virus-Wirt-Kombination mitbestimmt wird, aber nicht eng mit der Stärke der Symptombildung, bzw. dem Umfang der auftretenden Schäden korreliert ist. Im Sommer waren die Konzentrationen, mit denen eine optimale Selektionswirkung erreicht wird, wesentlich geringer als im Winter. Im Kurztag angezogene Pflanzen reagierten empfindlicher als im Langtag angezogene. Die Selektivität war herabgesetzt. Bei starker Belichtung starben gesunde und virusinfizierte Pflanzen nach der Behandlung mit verhältnismässig hohen Chemikalienmengen etwa zur gleichen Zeit ab. Wurde die Lichtstärke verringert, so traten die bekannten Unterschiede in Erscheinung.

Die Untersuchungsergebnisse deuten darauf hin, dass neben der Lichtintensität die Temperatur der Faktor ist, der bei der Anwendung chemischer Selektionsverfahren im Rahmen praktischer Aufgaben die grössten Schwierigkeiten bereitet. Da die Witterung sehr rasch wechselt, ist es nicht möglich, dem Temperaturfaktor durch Bemessung der Chemikalienkonzentration Rechnung zu tragen. Es wird erörtert, auf welche Weise eine Verminderung der Temperaturabhängigkeit der Verfahren erreicht werden könnte. In ersten diesbezüglichen Untersuchungen erwies sich die Wirkung von zwei s-Triazinen bei hohen Temperaturen als abgeschwächt, während die Wirkung eines weiteren s-Triazins weitgehend temperaturunabhängig war.

SUMMARY

Previous investigations have shown that virus infected plants of the species *Nicotiana tabacum* L. and *Solanum tuberosum* L. will die down after treatment thereof with low concentrations of various s-triazine preparations, whereas healthy plants will survive such a treatment. Thus, a chemical selection of plants affected with virus diseases is entirely possible. However, the practical application of this method still presents a number of problems arising above all from the fact that successful selection is influenced by the virus-host combination as well as by environmental factors.

An attempt has now been made to define the influences of several factors more clearly. It could be verified again that the reactions of virus infected plants are largely determined by the virus-host combination, but are not closely correlated with the intensity of symptom formation or the extent of lesions involved, respectively. In summer the concentrations by which an optimum selective effect may be produced, were considerably lower than in winter. Short-day-grown plants showed a more sensitive response than long-day-grown plants, and the selectivity was found to be reduced. On severe exposure to light both healthy and virus infected plants were observed to die down at about the same time after treatment with comparatively high amounts of chemicals. A reduction in the intensity of light resulted in the development of the well-known differences.

The results mentioned show that, in addition to the intensity of light, the temperature is to be considered the factor raising the greatest difficulties in the practical use of chemical methods of selection. As the weather usually changes very rapidly, it is impossible to make allowance for the temperature and light factors by proportioning the concentration of chemicals.

There is then discussed the question as to how the temperature dependence of the methods might be reduced. Initial experiments showed a reduction of the effects of two-s-triazines at high temperatures, while the effect of an additional s-triazine proved largely independent of temperatures.

LITERATURVERZEICHNIS

1. Häfliger E., 1963. Die Triazin-Präparate und ihre Anwendungsmöglichkeiten im Feld- und Gartenbau. Vortrag zur 5. Deutschen Arbeitbesprechung über Fragen der Unkrautbiologie und -bekämpfung, Stuttgart—Hohenheim, 5. und 6. März 1963.
2. Montgomery M. L., Freed V. H., 1964. Metabolism of triazine herbicides by plants. *Agricultural and Food Chemistry* 12: 11-14.
3. Schuster G., 1962. Methoden und Wege zur physiologisch-chemischen Virusdiagnostik bei Kartoffelknollen. Akademie-Verlag, Berlin.
4. Schuster G., 1963. Synergistische Wirkung von Virusinfektionen und hohen Temperaturen auf das Keimungsverhalten und die Atmungsprozesse von Kartoffelknollen. Internationales Symposium Physiologie Ökologie, und Biochemie der Keimung. Greifswald, September 1963. Unterlagen für das Symposium Ba 5.
5. Schuster G., 1965. Untersuchungen über synergistische und antagonistische Wirkungen von Virusinfektionen und Chemikalienbehandlung als Grundlage für die Ausarbeitung einfacher

- Verfahren zur Auslese virusresistenter Pflanzen von *Nicotiana tabacum*. Berichte des Instituts für Tabakforschung, Dresden **12**: 19-25.
6. Schuster G., 1966. Zur selektiven Abtötung viruskranker Pflanzen. Bericht über die 13. Vortragstagung der Landwirtschaftlichen Fakultät der Karl-Marx-Universität Leipzig. Leipzig 1965, 85-98.
 7. Uhlig, S. K., 1964. Versuche und Erfahrungen über den Einfluss verschiedener Umweltfaktoren auf die Wirksamkeit von Simazin. Symposium der Biol. Zentralanstalt Berlin der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin; Magdeburg, Oktober 1962, Tagungsberichte Nr. 62. 121-125, Berlin.
 8. Ulrychova M., Blatny C., 1961. Synergistische Wirkung von Simazin und Pflanzenvirosen als etwaige Nachweismethode von Viruskrankheiten. *Biol. Plantarum* (Praha) **3**: 122-125.